

539,997
10/539997

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Juli 2004 (22.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/061990 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 47/02**

Mihail, Ion [RO/DE]; Kreuzstr. 87, 52428 Jülich (DE).
STOCK, Jürgen [DE/DE]; Schmiedestr. 1, 50181 Bedburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003867

(74) Gemeinsamer Vertreter: FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH; Fachbereich Patente, 52425 Jülich (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. November 2003 (21.11.2003)

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CA, JP, KR, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(30) Angaben zur Priorität:
102 61 238.2 20. Dezember 2002 (20.12.2002) DE

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH [DE/DE]; Wilhelm-Johnen-Strasse, 52425 Jülich (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): FÖRSTER, Arnold [DE/DE]; Breite Str. 27, 52152 Simmerath (DE). LEPSA,

(54) Title: LAYERED CONSTRUCTION

(54) Bezeichnung: SCHICHTENFOLGE

WO 2004/061990 A2

(57) **Abstract:** The invention relates to a layered construction for a Gunn diode. The layered construction comprises a series of stacked layers consisting of a first highly doped n_d GaAs layer (3), a graded AlGaAs layer (5), which is placed upon the first highly doped layer (3), whereby the aluminum concentration of this layer, starting from the boundary surface to the first n_d GaAs layer (3), decreases toward the opposite boundary surface of the AlGaAs layer (5), and of a second highly doped n⁺ layer (7). An undoped intermediate layer (4, 6) serving as a diffusion or segregation stop layer is placed on at least one boundary surface of the AlGaAs layer (5) to one of the highly doped layers (3, 7) and prevents an unwanted doping of the graded layer.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Schichtenfolge für eine Gunn-Diode. Die Schichtenfolge umfasst eine Abfolge aufeinander angeordneter Schichten mit einer ersten hochdotierten n_d-GaAs-Schicht (3), einer auf der ersten hochdotierten Schicht (3) angeordneten gegradierten Schicht aus AlGaAs (5), wobei die Aluminium-Konzentration dieser Schicht von der Grenzfläche zur ersten n_d-GaAs-Schicht (3) ausgehend in Richtung der gegenüberliegenden Grenzfläche der AlGaAs-Schicht (5) abnimmt, und einer zweiten hochdotierten n⁺-Schicht (7). An mindestens einer Grenzfläche der AlGaAs-Schicht (5) zu einer der hochdotierten Schichten (3, 7) ist eine undotierte Zwischenschicht (4, 6) als Diffusions- bzw. Segregationsstopsschicht angeordnet, die eine ungewollte Dotierung der gegradierten Schicht unterbindet.

B e s c h r e i b u n g

Schichtenfolge

Die Erfindung betrifft eine Schichtenfolge, insbesondere eine Schichtenfolge für eine Gunn-Diode oder einen Gunn-Oszillator.

Der Gunn-Effekt betrifft eine Erscheinung, bei der eine konstante, relativ hohe elektrische Feldstärke (elektrische Feldstärken über 2000V/cm) an einem n-dotierten Galliumarsenidkristall schnelle Stromschwankungen verursacht. Es zeigt sich, daß bei sehr kurzen Kristallen diese Stromfluktuationen in zusammenhängende Schwingungen übergehen, deren Frequenzen durch die Länge der Kristalle festgelegt sind und im Mikrowellenbereich liegen. Auch in anderen halbleitenden III-V-Verbindungen, wie z. B. n-dotiertem Indiumphosphid, entstehen infolge des Effektes Mikrowellen, wenn die elektrische Feldstärke in ihnen einen bei einigen tausend V/cm liegenden kritischen Wert überschreitet. Der Effekt tritt allgemein in III/V-Halbleitern auf, deren Energiebänder relative Maxima und Minima in einem nicht zu großen energetischen Abstand haben, so daß heiße Elektronen leicht in höherliegende Bänder gelangen. Haben sie dort eine kleinere Beweglichkeit, so gehört zur größeren Feldstärke eine kleinere Stromstärke, das heißt, es liegt ein negativer Widerstand vor, der Voraussetzung für eine Schwingungserzeugung und Verstärkung ist. Der Gunn-Effekt wird im sogenannten Gunn-Oszillator zur Mikrowellenerzeugung ausgenutzt.

Ab einer bestimmten Feldstärke entstehen somit an einem Elektronen-Emitter sogenannte spontane Dipoldomänen, die mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch den Halbleiter laufen und an einem Kollektor enden. Erst 5 wenn die Domäne am Kollektor angekommen ist, wird am Emitter eine weitere Domäne gebildet. Dem Emitter kommt somit entscheidende Bedeutung bei der Ausbildung der Domänen zu. Am Kollektor werden die Ladungsträger eingesammelt.

10 Eine Gunn-Diode kann typischerweise einen Emitter mit einer zum Kollektor gerichteten AlGaAs-Schicht aufweisen, die dazu dient einen Potentialsprung für die emittierenden Elektronen zu schaffen und sie somit energetisch relativ zur aktiven Diodenschicht anzuheben.

15 Aus der Druckschrift Greenwald et al. (Greenwald, Z. Woodard, D. W., Calawa, A.R., Eastman, L. F. (1988). The effect of a high energy injection on the performance of millimeter wafe gunn oscillators. Solid-State Electronics 31, 1211-1214) ist eine Gunn-Diode bekannt, welche eine Schichtenfolge mit einer AlGaAs-Schicht von 20 konstantem Aluminium-Gehalt von 23 % aufweist.

Aus den Druckschriften US 4,801,982 sowie Hutchinson et al. (Hutchinson, S., J. Stephens, M. Carr and M. J. Kelly. Implant isolation scheme for current confinement in graded-gap Gunn diodes, IEEE Electronics Letters, 25 32(9), 851-852, 1996) ist bekannt, eine AlGaAs-Schicht mit veränderlichem, das heißt in Richtung des Kollektors, linear ansteigendem Aluminium-Gehalt von Null auf bis zu 30 % anzurordnen. Eine solche AlGaAs-Schicht wird

im englischen Sprachgebrauch als graded layer, und im weiteren als gegradierte Schicht bezeichnet. Die gegradierte Schicht kann als stufenloser Übergang zu Aluminium-Gehalten hoher Konzentration ausgebildet sein. Hierdurch wird vorteilhaft unerwünschte Elektronenreflektion minimiert und Elektronen mit Energien passend zum Energieband mit niedrigerer Elektronenbeweglichkeit injiziert.

Die aus dem Stand der Technik bekannten Schichtenfolgen weisen bei hohen Herstellungs- und/oder Einsatztemperaturen der Gunn-Diode die nachteilige Eigenschaft auf, daß die gewollte Potentialbarriere der AlGaAs-Schicht unwirksam, das heißt elektrisch inaktiv ist. Dies wird insbesondere bei niedrigen Eingangsspannungen deutlich, da dann bereits ein linearer Anstieg des Stromes als Funktion der Spannung auftritt.

Aufgabe der Erfindung ist daher, eine Schichtenfolge bereit zu stellen, welche eine Strom-Spannungs-Kennlinie ohne die im Stand der Technik genannten Nachteile liefert.

Die Aufgabe wird durch eine Schichtenfolge gemäß Hauptanspruch und durch ein Verfahren gemäß Nebenanspruch gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den darauf jeweils rückbezogenen Patentansprüchen.

Die Schichtenfolge umfaßt eine Abfolge aufeinander angeordneter Schichten mit

- einer ersten hochdotierten n_d -GaAs-Schicht, einer auf der ersten hochdotierten n_d -GaAs-Schicht angeordneten gegradierten AlGaAs-Schicht, wobei die Aluminium-

Konzentration dieser Schicht von der Grenzfläche zur ersten hochdotierten n_d -GaAs-Schicht ausgehend in Richtung der gegenüberliegenden Grenzfläche der Al-GaAs-Schicht abnimmt, und einer zweiten hochdotierten 5 n^+ -Schicht. An mindestens einer Grenzfläche der Al-GaAs-Schicht zu einer der hochdotierten Schichten ist eine undotierte Zwischenschicht angeordnet.

Die AlGaAs-Schicht und die hochdotierte n^+ -Schicht stellen funktional den Emitter einer Gunn-Diode bzw. 10 eines Gunn-Oszillators dar. Die am Emitter angrenzende hochdotierte n_d -GaAs-Schicht dient der Feinabstimmung des Energieniveaus der Dipoldomänen, die in Richtung eines Kollektors erzeugt werden.

15 Die undotierte Zwischenschicht besteht vorzugsweise ebenfalls aus GaAs.

Eine solche Zwischenschicht bewirkt vorteilhaft, daß die Strom-Spannungs-Kennlinie ein ausgeprägtes nichtlineares Verhalten, das heißt Schottky-Typ-artiges Verhalten bei kleinen Spannungen aufweist.

20 Das Ausgangsmaterial der n^+ dotierten, Elektronen emittierenden Schicht ist vorteilhaft ebenfalls GaAs.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die AlGaAs-Schicht an beiden Grenzflächen zu den angrenzenden hochdotierten Schichten, das heißt sowohl zur angrenzenden n^+ dotierten, Elektronen emittierenden 25 Schicht als auch zur angrenzenden hochdotierten n_d -GaAs-Schicht, eine solche undotierte Zwischenschicht aus GaAs auf. Dadurch wird eine weitere Verbesserung

der Strom-Spannungs-Kennlinie in der Weise erzielt, daß diese Schicht sowohl von der Emitterseite wie auch von der Kollektorseite der gegradierten Schicht eine definierte elektronische Struktur aufweist.

5 Eine solche Schichtenfolge dient als Ausgangsschichtenfolge für Gunn-Dioden und Gunn-Oszillatoren. Dann schließen sich an die hochdotierte n_d -GaAs-Schicht weitere Schichten für derartige elektronische Bauelemente an.

10 An das von der Elektronen emittierenden Schicht gegenüberliegende Ende der hochdotierten n_d -GaAs-Schicht, sind als solche weitere Schichten für derartige elektronische Bauelemente, insbesondere eine niedrig dotierte n^- -GaAs-Schicht, als eigentliche den Gunn-Effekt bildende Schicht sowie eine hieran anschließende weitere hochdotierte n^+ -Schicht als Kollektor bildende Schicht vorgesehen. Die Kollektorschicht kann insbesondere ebenfalls aus GaAs bestehen.

15 Als Dotierstoff für die Schichten kommt insbesondere Silizium aber auch Tellur in Frage. Diese Elemente bewirken vorteilhaft reine Elektronenleitfähigkeiten.

20 Das Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Schichtenfolge umfaßt den Schritt, daß auf eine hochdotierte n_d -GaAs-Schicht eine undotierte GaAs-Schicht aufgebracht und bei geeigneten Temperaturen epitaxiert wird. Auf diese undotierte Zwischenschicht wird eine AlGaAs-Schicht mit einer veränderlichen Aluminium-Konzentration angeordnet. Die Konzentration sinkt stufenlos ausgehend von der GaAs-Schicht von einem Höchst-

wert, z. B. 30 % bis auf Null % ab. Auf der AlGaAs-Schicht kann sodann eine weitere undotierte GaAs-Schicht oder aber direkt eine hochdotierte n⁺-Schicht angeordnet werden. Die zweite undotierte GaAs-Schicht ist also optional.

Es ist aber genauso der entgegengesetzte Verfahrensablauf, beginnend mit einer hochdotierten n⁺-Schicht aus GaAs, ausführbar.

Es wird somit zumindest eine undotierte GaAs-Schicht an mindestens einer der Grenzflächen der AlGaAs-Schicht zu der oder den hochdotierten, insbesondere zu hochdotierten GaAs-Schichten, angeordnet und bei geeigneter Temperatur epitaxiert.

Selbstverständlich kann auch an beiden Grenzflächen der AlGaAs-Schicht zu den hochdotierten Schichten eine GaAs-Schicht als Zwischenschicht aufgebracht und bei geeigneter Temperatur epitaxiert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren bewirkt vorteilhaft, daß während der gewählten Temperaturen von ca. 600 °C, welche für das epitaktische Aufwachsen von GaAs-Schichten vorteilhaft sind, keine Dotieratome in die AlGaAs-Schicht eindiffundieren bzw. segregieren. Die AlGaAs-Schicht wird auf diese Weise vor Dotieratomen, z. B. Silizium oder Tellur geschützt. Diese GaAs-Schichten besitzen somit die Funktion von Diffusions- bzw. Segregationsstoppeschichten für angrenzende Dotieratome hochdotierter Bereiche in der Schichtenfolge. Eine GaAs-Schicht als Diffusions- bzw. Segregationsstoppeschicht bewirkt, daß die Schichtenfolge unabhängig von der Tem-

peratur hergestellt werden kann. Das hat zur Folge, daß die Schichtenfolge bei einer für GaAs idealen Wachstumstemperatur von ca. 600°C hergestellt werden kann. Dies hat zusätzlich den Vorteil, daß mögliche sehr starke Erhitzungen des Bauelementes auch nach der Fertigstellung und während der Herstellung zu keiner temperaturabhängigen Degradation des Bauelementes führen.

5 Im Folgenden wird die Erfindung an Hand zweier Ausführungsbeispiele und der beigefügten Figuren näher erläutert.

10 Figur 1 zeigt in der Übersicht drei Schichtenfolgen A-C, mit gar keiner (Schichtenfolge A: Stand der Technik) einer (Schichtenfolge B) und zwei zusätzlichen (Schichtenfolge C) GaAs-Schichten als Diffusions- bzw. 15 Segregationsstoppschichten 4, 6 für eine AlGaAs-Schicht 5 als gegradete Schicht. Das Material der einzelnen Schichten der Schichtenfolgen ist jeweils identisch, kann in der Dicke aber variieren, wie in Spalten A-C angegeben.

20 In den Schichtenfolgen A-C stellt die hochdotierte n⁺ GaAs-Schicht 1 jeweils einen Kollektor als elektrische Zuleitung der Gunn-Diode dar.

25 Der Kollektor 1, als elektrische Zuleitung, ist als hochdotierte n⁺-GaAs-Schicht mit $4 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ Silizium dotiert. Hierauf ist eine den Gunn-Effekt ausübende n⁻-GaAs-Schicht 2 mit niedriger Silizium Dotierung (10^{16} cm^{-3} Silizium) als sogenannte 'transit zone' angeordnet. Gegenüberliegend zum Kollektor 1 ist auf Schicht 2

eine n_d -GaAs-Schicht angeordnet. Die Dotierung dieser Schicht 3 mit Silizium liegt bei $4 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ für Schichtenfolge A, und jeweils 10^{18} cm^{-3} für Schichtenfolge B und C. Auf der 10 Nanometer dicken hochdotierten 5 n_d -GaAs-Schicht 3, ist eine 50 Nanometer dicke AlGaAs-Schicht 5 aufgebracht, die an der Grenzfläche zur hochdotierten n_d -GaAs-Schicht 3 eine Aluminium-Konzentration von 30 % aufweist, welche dann stufenlos bis auf Null % abnimmt. Im Falle der Schichtenfolge C wurde 10 eine maximale Aluminium-Konzentration von 32 % in der Schicht 5 gewählt. Auf der AlGaAs-Schicht 5 ist die hochdotierte n^+ -GaAs-Schicht 7 angeordnet, die mit $4 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ Silizium dotiert wurde.

Zwischen der n_d -GaAs-Schicht 3 und der AlGaAs-Schicht 5 15 ist bei den Schichtenfolgen B und C zusätzlich eine un-dotierte GaAs-Schicht 4 als Diffusions- bzw. Segregationsstoppeschicht angeordnet. Diese Schicht ist im Falle der Schichtenfolge B fünf Nanometer dick. In der Schichtenfolge C ist diese Schicht zehn Nanometer dick. Zusätzlich ist auf der AlGaAs-Schicht 5 in der Schichtenfolge C eine weitere zehn Nanometer dicke un-dotierte 20 GaAs-Schicht 6 auf der AlGaAs-Schicht 6 angeordnet.

Figur 2 zeigt im Vergleich die I-U Kennlinien der Schichtenfolgen A-C in Vorwärts- bzw. Rückwärts Richtung. 25

Die I-U Kennlinie der Schichtenfolge A, abgeschieden bei einer für GaAs idealen Wachstumstemperatur von 600°C, zeigt keinen Schottky-typischen Anstieg in der I-U Kennlinie. Die Kurve beginnt vielmehr mit einer Ge-

raden, was das Verhalten eines ohmschen Widerstandes andeutet. Die Kurve zeigt darüber hinaus ein symmetrisches Verhalten für positive und negative Versorgungsspannungen.

- 5 Das Einbringen einer Diffusions- bzw. Segregationsstop-
schicht 4 unterhalb der gegradeten AlGaAs-Schicht 5 in
Schichtenfolge B hingegen zeigt bereits eine deutliche
Verbesserung der Kennlinie in Bezug auf Nichtlinearität,
und damit eine gute Funktionsweise der AlGaAs-
10 Schicht. Es ist deutlich sowohl in Hin- wie auch in
Rückrichtung eine Schottky-typ-artige Kennlinie zu er-
kennen.

- Noch ausgeprägter ist das Verhalten, wenn auf der
gegradeten AlGaAs-Schicht 5 eine weitere Diffusions-
15 bzw. Segregationsstopschicht 6 (Schichtenfolge C) ange-
ordnet ist und eine Eindiffusion von Dotieratomen aus
hochdotierten Bereichen in die AlGaAs-Schicht 5 an bei-
den Grenzflächen zu hochdotierten Schichten unterbunden
wird. Dann ist eine sehr ausgeprägte Schottky-typ-
20 artige Kennlinie zu erkennen (Kurve C, Fig. 2).

- Während die Kennlinie für die Schichtenfolge C deutlich
die Wirkung eines gegradeten Emitters zeigt, erkennt
man genauso deutlich die Wirkungslosigkeit der AlGaAs-
Schicht bei Kurve A. Dieser Effekt beruht auf der Dif-
fusion bzw. Segregation des Dotierstoffs Silizium von
25 Schicht 7 bzw. 3 in die AlGaAs-Schicht 5 und bewirkt,
daß die Schicht 5 elektrisch dotiert und in Ihrer Wir-
kung verändert wird.

Es ist im Rahmen der Erfindung denkbar, eine erfindungsgemäße Schichtenfolge für weitere elektronische Bauelemente, die als Injektionsschicht eine Potentialbarriere benötigen, zu verwenden.

- 5 Es sind weitere Schichtenfolgen denkbar, bei denen das Prinzip einen graded layer durch undotierte Zwischenschichten als Diffusions- bzw. Segregationsstoppschichten zu schützen, angewendet werden kann, beispielsweise eine auf InP basierende Schichtenfolge. Bei dieser
10 Schichtenfolge wäre an Stelle von GaAs als Material der Schichten 1 bis 7 InP eingesetzt.

P a t e n t a n s p r ü c h e

-
1. Schichtenfolge umfassend eine Abfolge aufeinander angeordneter Schichten mit
 - einer ersten hochdotierten n_d -GaAs-Schicht (3)
 - einer auf der ersten hochdotierten Schicht (3) angeordneten gegradeten Schicht aus AlGaAs (5), wobei die Aluminium-Konzentration dieser Schicht von der Grenzfläche zur ersten n_d -GaAs-Schicht (3) ausgehend in Richtung der gegenüberliegenden Grenzfläche der AlGaAs-Schicht (5) abnimmt, und
 - einer zweiten hochdotierten n^+ -Schicht (7), dadurch gekennzeichnet, daß an mindestens einer Grenzfläche der AlGaAs-Schicht (5) zu einer der hochdotierten Schichten (3, 7) eine undotierte Zwischenschicht (4, 6) angeordnet ist.
 2. Schichtenfolge nach vorhergehendem Anspruch, gekennzeichnet durch GaAs als Material der undotierten Zwischenschicht (4, 6).
 3. Schichtenfolge nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch GaAs als Material für die hochdotierte n^+ -Schicht (7).
 4. Schichtenfolge nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

gekennzeichnet durch
Silizium oder Tellur als Dotierstoff.

5. Schichtenfolge nach einem der vorhergehenden An-
sprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß
die Schichtenfolge (3, 4, 5, 6, 7) auf weiteren
Schichten (1, 2) angeordnet ist.

10. Schichtenfolge nach einem der vorhergehenden An-
sprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß
die Schichtenfolge (3, 4, 5, 6, 7) auf einer
 n^- -GaAs-Schicht (2) angeordnet ist.

15. Schichtenfolge vorhergehendem Anspruch,
dadurch gekennzeichnet, daß

die n^- -GaAs-Schicht (2) auf einer hochdotierten
 n^+ -Schicht (1), insbesondere aus GaAs angeordnet
ist.

20. Schichtenfolge nach einem der vorhergehenden An-
sprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß
die erste hochdotierte n_d -GaAs-Schicht (3)
und/oder die zweite hochdotierte n^+ -Schicht (7)
mit bis zu 10^{18} cm^{-3} Silizium dotiert sind.

25. Verfahren zur Herstellung einer Schichtenfolge mit
den Schritten:

- eine erste hochdotierte GaAs-Schicht (3, 7) wird
auf einem Substrat angeordnet,
- auf der ersten hochdotierten GaAs-Schicht (3, 7)
wird eine undotierte GaAs-Schicht (4, 6) ange-

ordnet und bei geeigneten Temperaturen epitaxiert,

- auf der undotierten GaAs-Schicht (4, 6) wird eine gegradierte AlGaAs-Schicht (5) angeordnet.

5 10. Verfahren nach vorhergehendem Anspruch,
dadurch gekennzeichnet daß,
an mindestens einer weiteren Grenzfläche der
AlGaAs-Schicht (5) eine zweite undotierte GaAs-
Schicht (4, 6) angeordnet und bei geeigneten Tem-
peraturen epitaxiert wird.

10 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, daß
auf der zweiten undotierten GaAs-Schicht (4, 6)
15 eine weitere hochdotierte GaAs-Schicht (3, 7) an-
geordnet wird.

15 12. Schichtenfolge, umfassend eine Abfolge aufeinander
angeordneter Schichten mit
- einer ersten hochdotierten Schicht,
- einer auf der ersten hochdotierten Schicht ange-
ordneten gegradierten Schicht,
- einer zweiten hochdotierten Schicht,
dadurch gekennzeichnet, daß
an mindestens einer Grenzfläche der gegradieten
20 Schicht zu einer der hochdotierten Schichten eine
weitere hochdotierte Zwischenschicht angeordnet ist.
25

| Schicht-Nr. | Schichtmaterial | Dicke der Schicht A | Dicke der Schicht B | Dicke der Schicht C |
|-------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| 7 | n ⁺ GaAs | 500 nm | 500 nm | 500 nm |
| 6 | GaAs | — | — | 10 nm |
| 5 | GaAs → Al _x Ga _{1-x} As | 50 nm | 50 nm | 50 nm |
| 4 | GaAs | — | 5 nm | 10 nm |
| 3 | n _d GaAs | 10 nm | 5 nm | 5 nm |
| 2 | n ⁻ GaAs | 1,6 µm | 1,6 µm | 1,6 µm |
| 1 | n ⁺ GaAs | 500 nm | 500 nm | 500 nm |

Fig. 1

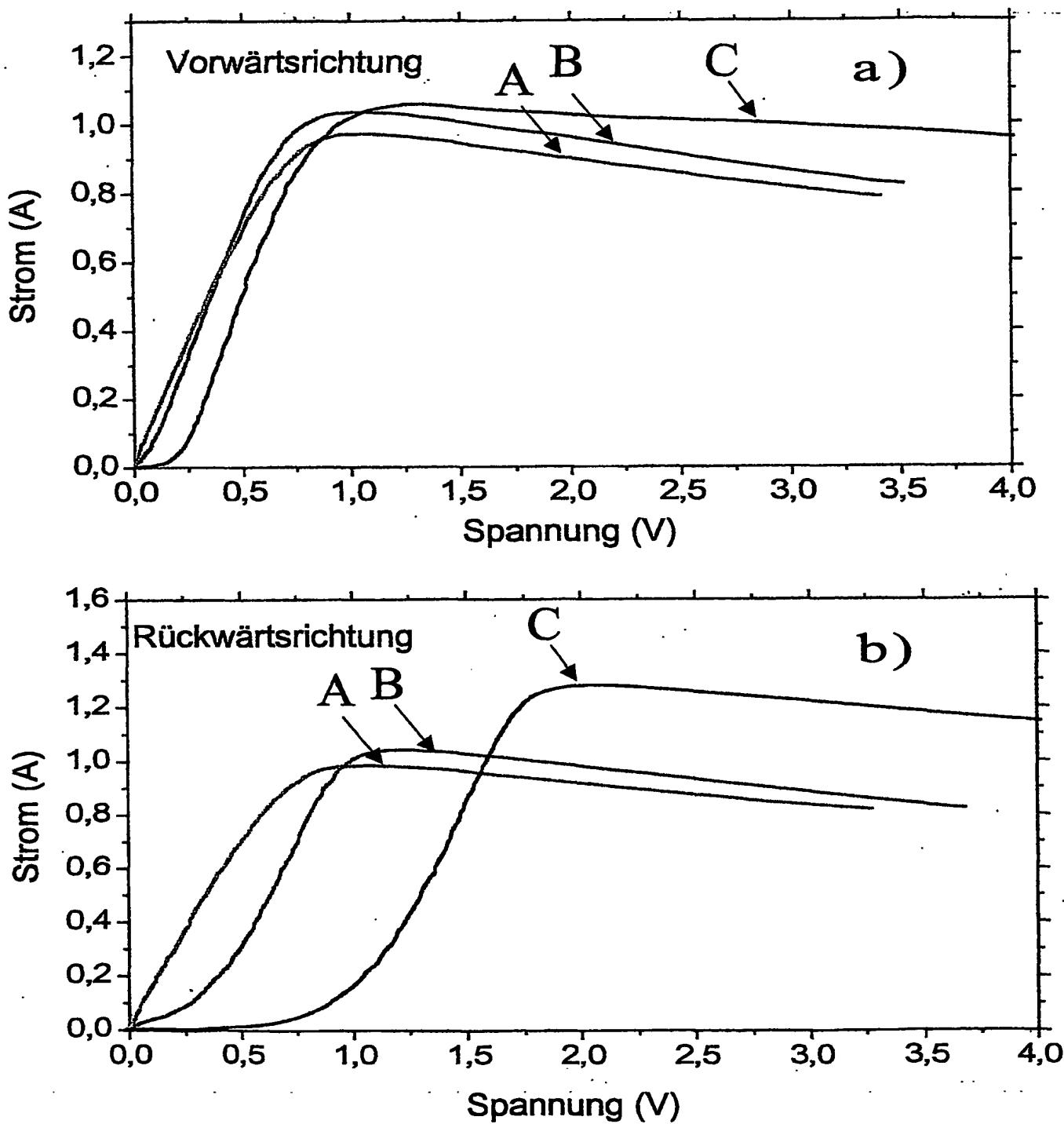


Fig. 2



STOCK, Jürgen [DE/DE]; Schmiedestr. 1, 50181 Bedburg (DE).

(74) **Gemeinsamer Vertreter: FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH; Fachbereich Patente, 52425 Jülich (DE).**

(81) **Bestimmungsstaaten (national): CA, JP, KR, US.**

(84) **Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).**

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(88) **Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts:**

14. Oktober 2004

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Schichtenfolge für eine Gunn-Diode. Die Schichtenfolge umfasst eine Abfolge aufeinander angeordneter Schichten mit einer ersten hochdotierten n_d -GaAs-Schicht (3), einer auf der ersten hochdotierten Schicht (3) angeordneten gegradierten Schicht aus AlGaAs (5), wobei die Aluminium-Konzentration dieser Schicht von der Grenzfläche zur ersten n_d -GaAs-Schicht (3) ausgehend in Richtung der gegenüberliegenden Grenzfläche der AlGaAs-Schicht (5) abnimmt, und einer zweiten hochdotierten n^+ -Schicht (7). An mindestens einer Grenzfläche der AlGaAs-Schicht (5) zu einer der hochdotierten Schichten (3, 7) ist eine undotierte Zwischenschicht (4, 6) als Diffusions- bzw. Segregationsstopsschicht angeordnet, die eine ungewollte Dotierung der gegradierten Schicht unterbindet.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 03/03867

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L47/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|---|
| X | US 5 463 275 A (YEN HUAN-CHUN ET AL) 31 October 1995 (1995-10-31) figures 1,3 column 2, line 11 - line 45 column 3, line 14 - column 5, line 37 ----- US 4 945 393 A (BELTRAM FABIO ET AL) 31 July 1990 (1990-07-31) figure 2 column 6, line 67 - column 7, line 12 ----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0111, no. 90 (E-517), 18 June 1987 (1987-06-18) -& JP 62 020373 A (FUJITSU LTD), 28 January 1987 (1987-01-28) abstract; figures 1,2 ----- -/- | 1-4, 9, 12 1-6, 9, 12 1, 9, 12 -/- |
| | | |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 July 2004

Date of mailing of the international search report

09/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sauerer, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No
PCT/EP 03/03867

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| A | US 6 111 265 A (TWYNAM JOHN KEVIN) 29 August 2000 (2000-08-29) figures 1,5a column 2, line 33 - line 56 column 6, line 1 - column 8, line 8 ----- | 1-12 |
| A | SPOONER H ET AL: "ADVANCES IN HOT ELECTRON INJECTOR GUNN DIODES" GEC JOURNAL OF RESEARCH, GEC MARCONI RESEARCH CENTER, GREAT BADDOW CHEMSFORD, GB, vol. 7, no. 1, 1989, pages 34-45, XP000054098 ISSN: 0264-9187 the whole document ----- | 1-12 |
| A | HUTCHINSON S ET AL: "Implant isolation scheme for current confinement in graded-gap Gunn diodes" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 32, no. 9, 25 April 1996 (1996-04-25), pages 851-852, XP006005058 ISSN: 0013-5194 cited in the application the whole document ----- | 1-12 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Final Application No

DE 03/03867

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|--|---|------------------|-------------------------|-------------|------------------|
| US 5463275 | A | 31-10-1995 | NONE | | |
| US 4945393 | A | 31-07-1990 | SG | 154594 G | 17-03-1995 |
| | | | US | 4905063 A | 27-02-1990 |
| | | | CA | 1327078 C | 15-02-1994 |
| | | | DE | 68917807 D1 | 06-10-1994 |
| | | | DE | 68917807 T2 | 05-01-1995 |
| | | | EP | 0348099 A2 | 27-12-1989 |
| | | | HK | 5095 A | 20-01-1995 |
| | | | JP | 2072673 A | 12-03-1990 |
| | | | KR | 9210315 B1 | 26-11-1992 |
| JP 62020373 | A | 28-01-1987 | NONE | | |
| US 6111265 | A | 29-08-2000 | JP | 11274601 A | 08-10-1999 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

nationales Aktenzeichen

UE 03/03867

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L47/02

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X | US 5 463 275 A (YEN HUAN-CHUN ET AL) 31. Oktober 1995 (1995-10-31) Abbildungen 1,3 Spalte 2, Zeile 11 - Zeile 45 Spalte 3, Zeile 14 - Spalte 5, Zeile 37 ----- | 1-4,9,12 |
| X | US 4 945 393 A (BELTRAM FABIO ET AL) 31. Juli 1990 (1990-07-31) Abbildung 2 Spalte 6, Zeile 67 - Spalte 7, Zeile 12 ----- | 1-6,9,12 |
| X | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0111, Nr. 90 (E-517), 18. Juni 1987 (1987-06-18) -& JP 62 020373 A (FUJITSU LTD), 28. Januar 1987 (1987-01-28) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 ----- -/- | 1,9,12 |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. Juli 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sauerer, C

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie ^o | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------------------|---|--------------------|
| A | US 6 111 265 A (TWYNAM JOHN KEVIN) 29. August 2000 (2000-08-29) Abbildungen 1,5a Spalte 2, Zeile 33 - Zeile 56 Spalte 6, Zeile 1 - Spalte 8, Zeile 8 ----- | 1-12 |
| A | SPOONER H ET AL: "ADVANCES IN HOT ELECTRON INJECTOR GUNN DIODES" GEC JOURNAL OF RESEARCH, GEC MARCONI RESEARCH CENTER. GREAT BADDOW CHEMSFORD, GB, Bd. 7, Nr. 1, 1989, Seiten 34-45, XP000054098 ISSN: 0264-9187 das ganze Dokument ----- | 1-12 |
| A | HUTCHINSON S ET AL: "Implant isolation scheme for current confinement in graded-gap Gunn diodes" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 32, Nr. 9, 25. April 1996 (1996-04-25), Seiten 851-852, XP006005058 ISSN: 0013-5194 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ----- | 1-12 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

zur selben Patentfamilie gehören

nationales Aktenzeichen

DE 03/03867

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|----------------------------|--------------------------------|--|----------------------------|
| US 5463275 | A | 31-10-1995 | KEINE | | |
| US 4945393 | A | 31-07-1990 | SG 154594 G | | 17-03-1995 |
| | | | US 4905063 A | | 27-02-1990 |
| | | | CA 1327078 C | | 15-02-1994 |
| | | | DE 68917807 D1 | | 06-10-1994 |
| | | | DE 68917807 T2 | | 05-01-1995 |
| | | | EP 0348099 A2 | | 27-12-1989 |
| | | | HK 5095 A | | 20-01-1995 |
| | | | JP 2072673 A | | 12-03-1990 |
| | | | KR 9210315 B1 | | 26-11-1992 |
| JP 62020373 | A | 28-01-1987 | KEINE | | |
| US 6111265 | A | 29-08-2000 | JP 11274601 A | | 08-10-1999 |